Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 143-159

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 159-143

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف باقلا (*Vicia faba* L.) در کشت مخلوط با تریتیکاله (*Tritico secale* L.)

سمیه سوری[1]، رضا امیرنیا[2]، اسماعیل رضائی چیانه[3]* و فاطمه شیخ[4]

تاریخ دریافت: 1398/04/23
تاریخ پذیرش: 1398/08/14

سوری، س.، امیرنیا، ر.، رضائی چیانه، ا. و شیخ، ف. 1399. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف باقلا (*Vicia faba* L.) در کشت مخلوط با تریتیکاله (*Tritico secale* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 12 (1): 159-143.

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف باقلا (*Vicia faba* L.) در کشت مخلوط سری جایگزینی با تریتیکاله (*Tritico secale* L.)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی 97-1396 به‌اجرا درآمد. تیمارها شامل کشت مخلوط تریتیکاله + رقم هیستال باقلا، تریتیکاله + رقم شادان باقلا، تریتیکاله + رقم فیض باقلا، تریتیکاله + رقم مهتا، تریتیکاله + رقم برکت باقلا، تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو،کشت خالص تریتیکاله و هر یک از ارقام باقلا بودند. کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه (صفات تعداد و وزن خشک گره ریشه باقلا، ارتفاع بوته، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن 100 دانه و عملکرد دانه و بیولوژیک در باقلا و در تریتیکاله صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن 1000 دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک) دو گیاه باقلا و تریتیکاله داشتند. تراکم بهینه دو گیاه در کشت خالص برای باقلا 20 بوته و برای تریتیکاله 400 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. نتایج در مورد گیاه تریتیکاله نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (7035/4 کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (22874 کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض و تریتیکاله+ رقم لوزدی اتونو مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا به‌ترتیب با میانگین 3554/9 و 8356/5 کیلوگرم در هکتار به رقم شادان در کشت مخلوط با تریتیکاله تعلق داشت. بیشترین تعداد گره و وزن خشک گره ریشه باقلا (به‌ترتیب با 203/4 عدد گره و 1/1 گرم) از رقم شادان در کشت مخلوط با تریتیکاله و کمترین آن به‌ترتیب با 117/3 گره و 0/4 گرم از کشت خالص رقم شادان باقلا به‌دست آمد. نسبت برابری زمین (LER) در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود و بالاترین میزان برای تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله با هر یک از ارقام فیض، هیستال و شادان به‌دست آمد که می‌تواند برای کشت مخلوط با تریتیکاله توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: تعداد گره ریزوبیومی، عملکرد دانه، کشاورزی پایدار، کلروفیل، نسبت برابری زمین

مقدمه

تریتیکاله (*Tritico secale* L.) گیاه اصلاح شده جدید است که از تلاقی گندم (*Triticum aestivum* L.) و چاودار (*Secale cereal* L.) حاصل شده، دارای سازگاری بالایی نسبت به شرایط محیطی سخت از جمله سرما، خشکی و مقاومت به بیماری‌ها و خصوصیات مطلوب زراعی می‌باشد (Ansari et al., 2018). بر اساس آخرین آمار منتشر شده در سال 2017 میلادی در FAO، سطح زیر کشت و تولید جهانی تریتیکاله به‌ترتیب معادل4/17 میلیون هکتار و 15/56 میلیون تن گزارش شده است (FAO, 2017) و سطح زیر کشت آن در ایران

1 و 2- به‌ترتیب، دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی و دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران.
3- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران.
4- استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.81918

بیش از 16000 هزار هکتار بوده است (Ansari et al., 2018).

حبوبات بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین‌کننده غذای بشر و از جایگاه خاصی در بین گیاهان زراعی برخوردار می‌باشند (Majnoun Hosseini, 2008). این گیاهان به‌خاطر هم‌زیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش گازهای گلخانه‌ای نقش مؤثری دارند، به همین خاطر در تناوب با گیاهان زراعی و سیستم‌های کشت مخلوط جایگاه ویژه‌ای دارند و جزء مهم‌ترین لگوم‌های دانه‌ای دنیا می‌باشد (Li et al,. 2018; Rezaei-Chiyaneh, 2016). باقلا (*Vicia faba* L.) گیاهی یک‌ساله با ساقه راست و توخالی بوده که ارتفاع بوته آن ممکن است به بیش از 1/5 متر نیز برسد. در سال 2017 میلادی سطح زیر کشت جهانی باقلا در حدود 2/463 میلیون هکتار و تولید جهانی آن 4/840 میلیون تن برآورد شده است. هم‌چنین سطح زیر کشت و تولید آن در ایران در سال 2017 میلادی به‌ترتیب 8/217 هزار هکتار با تولید 17/882 هزار تن گزارش شده است (FAO, 2017).

اخیراً پیش‌بینی شده است با افزایش جمعیت جهان به بیش از نه میلیارد نفر در سال 2050 میلادی دست‌یابی به امنیت غذایی و کاهش خطرات زیست‌محیطی یک چالش عمده در کشاورزی است. افزایش تنوع محصولات به‌طور قابل‌توجهی یک عنصر حیاتی برای توسعه کشاورزی و پایداری محیط‌زیست شناخته شده است (Bedoussac et al., 2015).

بنابراین، نیاز به بهره گیری از اصول اکولوژیک مانندکشت مخلوط برای افزایش بهره‌وری زمین‌های زراعی ضروری به نظرمی‌رسد (Dwivedi et al., 2015). کشت مخلوط عبارت است از کشت دو یا چند گیاه در یک مکان و در یک سال زراعی (Chen et al., 2019)، که باعث افزایش تولید محصول گیاهی و کاهش مصرف منابع در همان زمان می‌شود (Streit et al., 2019). از مزایای کشت مخلوط می‌توان به افزایش عملکرد، ایجاد ثبات در عملکرد، بهبود کمّیت و کیفیت محصولات، افزایش راندمان مصرف آب و سایر اهداف اشاره کرد (Nurbakhsh et al., 2015).

پژوهشگران بیان کردند که کشت مخلوط غلات و لگوم یکی از بهترین راه‌های افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد (Soleimanpur et al., 2017). کشت مخلوط ذرت (*Zea mays L.*) و سویا (*Glycine max* L.) باعث افزایش عملکرد دانه ذرت و افزایش تولید در سویا شده است که منجر به تعادل بالای تولید محصول و پایداری کشاورزی می‌شود (Bo et al., 2018). در تحقیقی دیگر نتایج نشان داد که کشت مخلوط اثر معنی‌داری برکلیه صفات مورد بررسی تریتیکاله (ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه درسنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک) داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه تریتیکاله از کشت خالص وکمترین عملکرد دانه ازکشت مخلوط تریتیکاله با ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vica villosa roth* L.) به‌دست آمد (Salehi et al., 2018). در ارزیابی زراعی، اکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) با نخود (*Cicer arietnium* L.) در شرایط دیم مراغه گزارش شد که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه نخود و تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه گندم تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفتند. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در هر دو گونه به کشت خالص تعلق داشت (Javanmard et al., 2016). در بررسی افزایش رشد و عملکرد گندم و باقلا نشان داده شد که تعامل مثبت بین غلات و حبوبات می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری سیستم کشت مخلوط شود (Xiao et al., 2018). در کشت مخلوط جو به همراه دو رقم باقلای متأثر از هم‌زیستی با ریزوبیوم، عملکرد دانه باقلا کاهش یافت، درحالی‌که این نوع کشت به نفع جو بود (Mouradi et al., 2018). درکشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) وکنجد (*Sesamum indicum* L.) گزارش شد که حضور لوبیا اثرات مثبتی بر روی کنجد داشته که این امر احتمالاً به‌دلیل وجود خاصیت تثبیت‌کنندگی نیتروژن در لوبیا می‌باشد (Ghale-Noyee et al., 2016). در تحقیقی دیگر در نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد، نسبت برابری زمین (LER[1]) به‌دلیل اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط می‌باشد (Nurbakhsh et al., 2015). هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی ارقام مختلف باقلا در کشت مخلوط با تریتیکاله به‌منظور دست‌یابی به مناسب‌ترین ترکیب از نظر حصول حداکثر عملکرد و کارآیی استفاده از زمین در شرایط آب‌وهوایی ارومیه بود.

مواد و روش‌ها

1- Land equivalent ratio

این تحقیق در سال زراعی 97-1396 به‌منظور ارزیابی تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله و شش رقم باقلا به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه با طول جغرافیایی 45 درجه و 24 دقیقه، عرض جغرافیایی 36 درجه و 57 دقیقه و ارتفاع 1328 متری از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا شهرستان ارومیه در سال آزمایش در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- میانگین بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی هوای ارومیه در سال97- 1396

Table 1- Average rainfall, temperature and relative humidity of urmia, Iran during 2017-2018

	اسفند Feb.	فروردین Mar.	اردیبهشت Apr.	خرداد May.	تیر Jun.
بارندگی Rainfall (mm)	29.1	56.7	132.6	27.2	0.0
دما Temperature (℃)	8.7	12.6	14.7	20.5	27.2
رطوبت نسبی RH (%)	57	50	61	51	32

تیمارها شامل کشت خالص ارقام برکت، فیض، لوزدی اتونو، شادان، هیستال، مهتا و کشت خالص تریتیکاله و در نهایت، کشت مخلوط جایگزینی هر یک از ارقام باقلا با تریتیکاله (کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض، تریتیکاله + رقم برکت، تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو، تریتیکاله + رقم شادان، تریتیکاله+ رقم هیستال، تریتیکاله + مهتا) بود. ارقام برکت، فیض، هیستال، لوزدی اتونو دارای دانه‌هایی درشت، طول غلاف بلند هستند که بلندترین طول غلاف مربوط به رقم فیض می‌باشد. هم‌چنین رقم‌های مهتا و شادان دارای اندازه دانه و طول غلاف متوسط هستند، ولی از تعداد غلاف بیشتری برخوردارند. در بین ارقام مذکور، دو رقم فیض و شادان میزان عملکرد آن‌ها نسبت به سایر ارقام (برکت، هیستال، لوزدی اتونو و مهتا) بالاتر است. میانگین وزن صد دانه ارقام مهتا، شادان، فیض، برکت، هیستال، لوزدی اتونو باقلا به‌ترتیب برابر 112، 116، 145، 148، 144 و 140 گرم می‌باشد (Sheikh et al., 2017a; Sheikh et al., 2017b; Sheikh et al., 2018). بذر ارقام باقلا از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان و بذر تریتیکاله رقم سناباد از مرکز تحقیقات و آموزشی کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد. اندازه پلات‌ها 4×3/50 متر بود که در تیمارهای خالص در هر پلات 10 ردیف باقلا با فاصله 12/5× 40 سانتی‌متری از یکدیگر و با عمق پنج سانتی‌متری و تریتیکاله با فاصله 1/25×20 سانتی‌متری کشت شدند. تراکم بهینه دو گیاه در کشت خالص برای باقلا 20 بوته و برای تریتیکاله 400 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کشت مخلوط به‌صورت ردیفی و با نسبت 50:50 بود. کاشت باقلا و تریتیکاله به‌صورت هم‌زمان به‌صورت جوی و پشته در تاریخ 22 اسفند ماه صورت گرفت. قبل از کاشت ارقام باقلا با باکتری *Rhizobium leguminozarum* که به‌صورت مایع از سازمان تحقیقات آب و خاک کرج تهیه شده بود، تلقیح شدند. عملیات وجین به‌صورت دستی و در صورت لزوم در طی فصل رشد انجام شد. با توجه به بارندگی‌های موجود در منطقه، آبیاری از اواخر اردیبهشت به‌طور متوسط هر هفته یک بار انجام گرفت. جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان بر اساس آزمون خاک در پاییز سال کشت مقدار 20 تن کود دامی پوسیده نیز به خاک آزمایش اضافه شد، امّا به‌منظور بررسی آزمایش در راستای اهداف کشاورزی پایدار و نمود بیشتر پیدا کردن تأثیر تثبیت زیستی نیتروژن ارقام باقلا، از هیچگونه کود شیمیایی در تیمارها استفاده نشد. نتایج آنالیز خاک و کود دامی مورد استفاده در آزمایش در جدول 2 آورده شده است.

برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل زمانی‌که باقلا به 50 درصد گل‌دهی رسید و برای تریتیکاله زمانی‌که به مرحله پرچم‌دهی رسیدند، نمونه‌برداری صورت گرفت. عصاره برگ تازه به‌روش آرنون (Arnon, 1967) انجام گردید و از استون 80 درصد استفاده شد و کلروفیل‌های a و b با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر DR2100 اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه میزان غلظت کلروفیل a و b از معادله 1 و 2 استفاده

شد، و غلظت کلروفیل‌ها برحسب میلی‌گرم بـر گـرم تعیـین گردیـد (Arnon, 1967).

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و کود دامی

Table 2- Physical and chemical properties of the soil of experiment site and manure fertilizer

	بافت Texture	پتاسیم قابل جذب K_{ava} (mg.kg^{-1})	فسفر قابل جذب P_{ava} (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل Total N (%)	مواد آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
خاک Soil	رس سیلتی Silty- Clay	398	14.33	0.03	0.91	1.31	7.72
کود دامی Manure fertilizer		2345	1097	1.67	23.65	9.63	7.69

معادله (1)
$$a\ \text{کلروفیل} = \frac{(19 \cdot 3 \times A663 - 0 \cdot 86 \times A645)V}{100W}$$

معادله (2)
$$b\ \text{کلروفیل} = \frac{(19 \cdot 3 \times A645 - 3 \cdot 6 \times A663)V}{100W}$$

در معادلات 1 و 2، A: جذب در طول موج خاص،V: حجم نمونه بر حسب میلی‌گرم و W: وزن ترنمونه بر حسب گرم

در مرحله گل‌دهی بوته‌های باقلا، جهت شمارش و تعداد گره‌های ریزوبیومی، ابتدا پنج بوته بـه همـراه ریشـه‌هـای بـاقلا از عمـق 50 سانتی‌متری خاک به‌طور کامل با بیل برداشت و پس از شستشو با آب مقطر، ریشه‌ها در زیر میکروسکوپ چشمی قرار داده شـدند. سـپس، تعداد گره‌های موجود در روی ریشه‌های هر بوته که شامل گره‌هـای فعال (صورتی رنگ) و غیرفعال (گره‌های خاکسـتری رنـگ) بودنـد، شمارش شدند (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012).

در پایان فصل رشد، جهت محاسبه عملکـرد دانـه و بیولوژیـک، برداشت بوته‌ها با رعایت شرایط حـذف اثـر حاشـیه از هـر طـرف در کرت‌ها از مساحت دو مترمربع صورت گرفت. بـرای تعیـین عملکـرد بیولوژیک، پس از جدا نمودن بـذرها، نمونـه‌هـا در دمـای 70 درجـه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفته و سـپس همراه با بذور وزن شدند. برداشت باقلا و تریتیکاله به‌ترتیب در تاریخ 10 و 26 تیر ماه سال 1397 زمـانی‌کـه رنـگ غـلاف‌هـای بـاقلا و سنبله‌های تریتیکاله به زردی گرایش پیدا کرده بودند، صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد دانه تریتیکاله و باقلا، از هر کرت 10 بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس، بوته‌هـا بـه آزمایشـگاه منتقل و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن 100 دانه برای باقلا و ارتفاع بوته، طـول سـنبله، تعداد سنبله در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، تعـداد دانـه در سـنبله و وزن 1000 دانه برای تریتیکاله اندازه‌گیری شدند.

مزیت نسبی کشت مخلوط تریتیکاله و ارقام باقلا در مقایسـه بـا کشت خالص بـا اسـتفاده از شـاخص نسـبت برابـری زمـین (LER) محاسبه می‌شود. برای محاسبه شاخص نسبت برابری زمین (بر اساس عملکـرد دانـه) از معادلـه 3 اسـتفاده شـد (Ghale- Noyee et al., 2017):

معادله (3)
$$LER = \frac{Y_1}{F_1} + \frac{Y_2}{S_2}$$

در این معادله، Y_1 و Y_2: به‌ترتیب عملکرد گونه‌هـای اول و دوم در مخلوط و F_1 و S_2: عملکرد گونه اول و دوم در کشت خالص است.

تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از آزمایش بـا اسـتفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

صفات مورد بررسی تریتیکاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کشت مخلوط اثر معنـی‌داری بر تمامی صفات مورد بررسی (ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکـرد دانـه، عملکـرد بیولوژیـک و غلظـت کلروفیـل‌هـای a وb) تریتیکاله داشت (جدول 3).

ارتفاع بوته تریتیکاله: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کـه ارتفاع بوته تریتیکاله در کشت مخلوط با هر یک از ارقام باقلا بالاتر از کشت خالص تریتیکاله بود (جدول 4). به‌طوری‌کـه بیشـترین ارتفـاع بوته تریتیکاله (103/3 سانتی‌متر) در کشت مخلوط تریتیکاله + رقـم

برکت و کمترین ارتفاع بوتـه (93/2 سـانتی‌متـر) در کشـت خـالص تریتیکاله به‌دست آمد، امّا از لحاظ آماری بین ارتفاع بوته تریتیکاله در کشت مخلوط با رقم‌های فیض، رقم مهتـا، شـادان و لـوزدی اتونـو اختلاف معنی‌داری با ارتفـاع تریتیکالـه در کشـت خـالص آن وجـود نداشت (جدول 4).

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اجزای عملکرد تریتیکاله در کشت مخلوط با ارقام باقلا

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) yield and yield components of triticale in intercropping crop with faba bean varieties

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m^{-2}	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	تعداد دانه درسنبله Number of seed per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b
تکرار Replication	2	11.8^{ns}*	0.5^{ns}	1346.7^{ns}	3.6*	2.7^{ns}	3.8^{ns}	301083.9^{ns}	5326168.6^{ns}	0.002^{ns}	0.001^{ns}
تیمار Treatment	6	32.04*	1.1*	2185.6*	2.5*	21.8*	29.2*	1300791.7*	10424903.4*	0.02*	0.004*
خطا Error	12	11.1	0.3	510.9	0.7	6.6	9.1	430390.2	2754676.1	0.005	0.001
ضریب تغییرات CV%	_	3.4	4.1	5.8	3.6	6.04	7.9	10.3	7.9	3.5	6.9

n.s،*: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

** and $^{n.s}$: are significant at 5% probability levels and non-significant, respectively.

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله در کشت خالص و مخلوط با ارقام باقلا

Table 4- Mean comparisons of yield and yield components of triticale in pure culture and intercropping crop with faba bean varieties

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m^{-2}	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	تعداد دانه در سنبله Number of seed per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)
کشت خالص تریتیکاله Pure culture triticale	93.2^{c} *	12^{c}	396^{a-c}	21.90^{b}	40.3^{bc}	39.9^{ab}	6440.7^{a-c}	21466^{ab}	1.87^{b}	0.39^{b}
تریتیکاله + رقم برکت Triticale+ Barkat	103.3^{a}	13.2^{ab}	354.2^{c}	24.5^{a}	45.3^{ab}	33^{c}	5305.8^{c}	18031^{c}	1.97^{ab}	0.48^{a}
تریتیکاله + رقم مهتا Triticale+ Mahta	96.9^{a-c}	13.6^{a}	386.3^{bc}	24.2a	42.3^{a-c}	34.4^{bc}	5619.3^{bc}	18631^{bc}	2.09^{a}	0.45^{a}
ریتیکاله + رقم هیستال Triticale+Histal	100.5^{ab}	12.3^{bc}	402.7^{ab}	23.9^{a}	41.1^{bc}	39.3^{ab}	6512.4^{a-c}	21696^{ab}	2.03^{a}	0.45^{a}
تریتیکاله + رقم فیض Triticale+ Feyz	96.1^{bc}	13.4^{a}	361.9^{bc}	24.5^{a}	47.1^{a}	40.3^{a}	7035.4^{a}	21742^{ab}	1.97^{ab}	0.49^{a}
تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو Triticale+ Luzde otono	99.6^{a-c}	13.4^{a}	435.2^{a}	24.3^{a}	39.7^{c}	40.1^{ab}	6887.3^{ab}	22874^{a}	2.06^{a}	0.47^{a}
تریتیکاله + رقم شادان Triticale+ Shadan	98^{a-c}	13^{a-c}	396.5^{a-c}	23.7^{a}	42.4^{a-c}	40.4^{a}	6782.3^{ab}	22291^{a}	2.04^{a}	0.46^{a}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letters in a column and for each component are not significantly different based on Duncan’s test at $P \leq 0.05$.

به نظر می‌رسد که افزایش ارتفاع تریتیکاله در کشت مخلـوط بـا باقلا نشأت گرفته از رقابت نوری دو گونـه بـرای جـذب نـور باشـد. واکنش گیاهان مختلف در برابر شدت نور متفاوت است. کمبود نور در تیره گندمیان، باعث ضعیف شـدن سـاقه و افـزایش ارتفـاع در ایـن گیاهان می‌شود (Kahraryan et al., 2018).

طول سنبله تریتیکاله: مقایسه میانگین نشان داد کـه طـول

سنبله تریتیکاله در تمامی تیمارهای کشت مخلوط با ارقام باقلا افزایش یافته است؛ به این صورت که بیشترین طول سنبله از کشت مخلوط تریتیکاله + رقم مهتا به‌طول 13/6 سانتی‌متر و کمترین آن درکشت خالص تریتیکاله با طول سنبله 12 سانتی‌متر مشاهده شد (جدول 4). چنین به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط تریتیکاله با ارقام مختلف باقلا، رقابت بین گونه‌ای برای جذب منابع محیطی کاهش یافته و با بهبود جذب این منابع، میزان تولید مواد پرورده در گیاه تریتیکاله افزایش یافته است. ازاین‌رو میزان تخصیص مواد پرورده به هر سنبله بیشتر شده که در اثر آن رشد سنبله افزایش یافته و طول آن نیز بیشتر شده است (Salehi et al., 2018). در تحقیق دیگر حداکثر طول سنبله جو در ترکیب‌های کشت 75٪ باقلا + 25٪ و نیز در ترکیب 50٪ باقلا + 50٪ جو گزارش شده است (Eslami Khalili et al., 2011).

تعداد سنبله تریتیکاله: تعداد سنبله در مترمربع به‌عنوان شاخصی مهم در ارزیابی عملکرد دانه در نظر گرفته می‌شود چرا که دربرگیرنده تعداد دانه و تعداد سنبلچه در سنبله می‌باشد (Takeda & Frey, 1976). نتایج نشان داد که بالاترین تعداد سنبله در مترمربع مربوط به کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو به‌میزان 435/2 عدد بود و نیز کمترین آن به کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت به تعداد 354/2 تعلق داشت (جدول 4). از نظر تعداد سنبله در مترمربع در بین تمامی تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام باقلا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول 4). در یک بررسی که بر روی نسبت‌های مختلف ترکیب ارزن با سویا صورت گرفت، تعداد خوشه در بوته ارزن در همه نسبت‌های مخلوط با سویا در مقایسه با تیمار خالص افزایش یافت. این محققان بیان کردند که تراکم‌های پایین ارزن در کشت مخلوط فضای بیشتری برای گیاه فراهم می‌کند تا میزان پنجه خود را افزایش دهد. هم‌چنین، کاهش رقابت درون‌گونه‌ای، توزیع مناسب‌تر و نفوذ نور و استفاده بیشتر از نیتروژن، شرایط را برای تشکیل تعداد خوشه بیشتر در ارزن فراهم می‌کند (Ahmadvand & Hajinia, 2016). این نتایج با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد و به نظر می‌رسد افزایش تعداد سنبله تریتیکاله در کشت مخلوط با برخی از ارقام (هیستال، لوزدی اتونو و شادان)، ناشی از استفاده بهینه از نیتروژن تثبیت شده این ارقام و الگوهای مکمل استفاده از منابع و اثرات متقابل تسهیل‌کنندگی دو گونه باشد.

تعداد سنبلچه در سنبله تریتیکاله: همان‌طور که در جدول 4 آمده است، بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله در کشت مخلوط تریتیکاله+ رقم فیض (24/5 عدد) و کمترین تعداد سنبلچه (21/9 عدد) در کشت خالص تریتیکاله به‌دست آمد (جدول 4). در کشت مخلوط گندم و نخود، بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله در الگوهای مختلف کشت مخلوط یک به یک (1:1) به‌دست آمد (Javanmard et al., 2016). در نتیجه هرچه نور قابل دسترس بیشتر باشد، تمایز گل‌آذین‌ها در طی مرحله پنجه‌زنی افزایش یافته و در نتیجه تعداد سنبلچه‌ها و گلچه‌ها در هر گل‌آذین بهبود می‌یابد (Neugschwandtner & Kaul, 2014).

تعداد دانه در سنبله تریتیکاله: نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض با 47/1 و کمترین تعداد دانه در سنبله در ترکیب تریتیکاله + لوزدی اتونو با 39/7 بوده است (جدول 4). بین تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله به همراه شش رقم باقلا، تنها در ترکیب تریتیکاله + رقم فیض با کشت خالص تریتیکاله تفاوت معنی‌داری وجود داشت. تحقیقات در زمینه کشت مخلوط درهم ماشک و جو در تراکم‌های مختلف نشان داد که در تراکم متوسط ماشک و جو، رقابت بین گونه‌ای ماشک نسبت به رقابت جو کاهش یافته و فضای بیشتری را برای رشد جو فراهم کرده است. بنابراین، ماده فتوسنتزی بیشتری به سنبله‌ها انتقال یافته است که این مسئله سبب تشکیل تعداد دانه‌های بیشتری در سنبله شده و در اثر آن نیز تعداد دانه در سنبله افزایش یافت (Kahraryan et al., 2018). از طرفی، به نظر می‌رسد که تثبیت نیتروژن و آزادسازی اسیدهای آلی توسط گیاه باقلا، دسترسی به عناصرغذایی در طول فصل رشد و مراحل بحرانی را برای گیاه همراه در کشت مخلوط با تریتیکاله، سبب افزایش تعداد دانه در سنبله شده است (Inal et al., 2007). این نتایج با یافته‌های حاصل از کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و باقلا مطابقت دارد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2015).

وزن هزار دانه تریتیکاله: بیشترین وزن هزار دانه تریتیکاله در کشت مخلوط با رقم‌های شادان و فیض به‌ترتیب با 40/4 و 40/3 گرم به‌دست آمد و کمترین وزن هزار دانه تریتیکاله (33 گرم) به کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت مربوط بود. هرچند که بین تیمارهای کشت خالص تریتیکاله با تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم هیستال، تریتیکاله + رقم مهتا، تریتیکاله + رقم فیض، تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو و تریتیکاله + رقم شادان از نظر وزن

هزار دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، امّا بین تیمارکشت خالص تریتیکاله با کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول 4). اگرچه در تحقیق حاضر وزن هزار دانه تریتیکاله درکشت مخلوط با رقم هیستال و رقم مهتا کاهش یافت، امّا این کاهش وزن هزار دانه نسبت به وزن هزار دانه کشت خالص تریتیکاله معنی‌دار نبود. وزن هزار دانه تابعی از شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه و توانایی گیاه در تأمین مواد شیره پرورده برای مخزن می‌باشد. به نظر می‌رسد که ساختار کانوپی متفاوت دو گونه تریتیکاله و باقلا در کشت مخلوط در به‌دام انداختن تشعشع خورشیدی مفید بوده که این امر به‌دلیل افزایش جذب نور بهبود وزن هزار دانه تریتیکاله در مقایسه با کشت خالص را به دنبال داشته است (Asadi & Khorramdel, 2014). اثر کشت مخلوط بر وزن هزار دانه ذرت شیرین (*Zea mays* L.var. Saccharata) نشان داد که افزایش تراکم مطلوب 20 و 40 درصد ماش باعث افزایش وزن هزار دانه ذرت شیرین نسبت به کشت خالص شده است (Gholi- Nejad et al., 2018). در یک بررسی که در کشت مخلوط درهم جو بهاره (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک گل‌خوشه‌ای صورت گرفت، با افزایش تراکم بوته ماشک و جو وزن هزار دانه جو کاهش پیدا کرد، زیرا با افزایش تراکم گیاهی مواد فتوسنتزی باید در تعداد بیشتری از مخازن توزیع شود و این امر باعث کاهش وزن هزار دانه شده است (Kahraryan et al., 2018). در آزمایشی که روی کشت مخلوط لوبیا و کنجد صورت گرفت، با افزایش تراکم دو گیاه در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی، از وزن هزار دانه کنجد کاسته شد (Ghale- Noyee et al., 2017). به‌طور کلی، می‌توان گفت بیشترین پتانسیل یک سیستم مخلوط زمانی نمایان می‌شود که رقابت درون‌گونه‌ای و بین گونه‌ای برای منابع موجود در حد تعادل باشد و یا مجموع رقابت بین گونه‌ای از مجموع رقابت درون‌گونه‌ای برای کسب منابع کمتر باشد (Asadi & Khorramdel, 2014).

عملکرد دانه تریتیکاله: بیشترین عملکرد دانه تریتیکاله (7035/4 کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض و کمترین عملکرد دانه (5305/8 کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت به‌دست آمد. در مقایسه میانگین تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام مختلف باقلا با کشت خالص تریتیکاله از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از اجزای عملکرد دانه می‌باشند. بنابراین با کاهش تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه تریتیکاله در کشت مخلوط رقم فیض و رقم مهتا در مقایسه با کشت خالص تریتیکاله، کاهش عملکرد دانه که خود برآیند این صفات مذکور است دور از انتظار نبود. از طرفی در کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض، تریتیکاله + رقم هیستال، تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو و تریتیکاله + رقم شادان، افزایش عملکرد دانه تریتیکاله را می‌توان به افزایش اجزای عملکرد دانه در مخلوط نسبت داد (جدول 4). در یک بررسی که روی کشت مخلوط جو و ماشک صورت گرفت، با افزایش تراکم بوته‌های ماشک و جو در مترمربع از عملکرد دانه کاسته شد. به‌طوری‌که با افزایش تراکم کشت از اجزای عملکرد دانه همچون تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه کاسته شد. در بین نسبت‌های کشت مخلوط ماشک و جو، الگوی 50٪ ماشک و 50٪ جو بیشترین عملکرد را داشته‌اند که این افزایش عملکرد به‌دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای که ناشی از کاهش رقابت بر سر آشیان اکولوژیک می‌باشد، نسبت داده شده است (Kahraryan et al., 2018). در طی تحقیقی که روی کشت مخلوط گندم و باقلا در سطوح مختلف نیتروژن در طول دو سال متوالی انجام گرفت، عملکرد گندم افزایش نشان داد، که این افزایش عملکرد به‌میزان 19/5-28/2 درصد بیشتر از تک‌کشتی گندم بود (Xiao et al., 2018). بنابراین، کاهش یا افزایش عملکرد در تریتیکاله را می‌توان به توان رقابتی هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط با یکدیگر نسبت داد.

عملکرد بیولوژیک تریتیکاله: تایج نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک تریتیکاله در تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو و تریتیکاله + رقم شادان به‌ترتیب با میانگین 22874 و 22291 کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت با میانگین 18031 کیلوگرم در هکتار می‌باشد. امّا بین تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام مختلف باقلا و کشت خالص تریتیکاله از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول 4). همچنین روند تغییرات عملکرد بیولوژیک تریتیکاله مشابه با عملکرد دانه بود. در مطالعه‌ای که روی ماده خشک جو در مخلوط با باقلا در مقایسه با کشت خالص صورت گرفته بود، میزان زیست‌توده جو در کشت مخلوط با باقلا باعث افزایش زیست‌توده اندام‌های هوایی جو گردید که این افزایش به‌دلیل جذب آب و مواد غذایی بیشتر ریشه جو در مقایسه با باقلا گزارش شد

(Mouradi et al., 2018). در تحقیقی دیگر، تولید زیست توده و ماده خشک گندم در کشت مخلوط باقلا با گندم ناشی از تحریک رقابتی بر روی گندم افزایش یافت (Xiao et al., 2018). افزایش یا کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک گیاهان در کشت مخلوط به قدرت رقابتی گیاهان شرکت‌کننده در مخلوط، نقش مکملی برای گیاه مجاور داشته و نیز به‌میزان تثبیت و انتقال نیتروژن از گیاه لگوم به غیرلگوم بستگی دارد.

غلظت کلروفیل a و b تریتیکاله: طبق نتایج، بیشترین غلظت کلروفیل a با میانگین 2/09 میلی‌گرم بر گرم مربوط به تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم مهتا و کمترین آن به تیمار کشت خالص تریتیکاله با میانگین 1/87 میلی‌گرم تعلق داشت. هم‌چنین بیشترین و کمترین غلظت کلروفیل b تریتیکاله به‌ترتیب با میانگین 0/49و 0/39 میلی‌گرم بر گرم به تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض و کشت خالص تریتیکاله اختصاص داشت (جدول 4). بین هیچ یک از تیمارهای کشت مخلوط از نظر غلظت کلروفیل a و b با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دیده نشد. گزارش شده که در کشت مخلوط سویا و سورگوم میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص همواره بالاتر بوده است (Ghosh et al., 2006). این محققان علت این امر را به سایه‌اندازی این دوگیاه روی هم‌دیگر و تثبیت نیتروژن توسط سویا نسبت داده‌اند. ازاین‌رو، به نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر نیز به‌موازات افزایش سایه‌اندازی در کانوپی کشت مخلوط و نیز تثبیت نیتروژن توسط باقلا و از طرفی دیگر، به‌دلیل استفاده بهینه و بالاتر تریتیکاله از نیتروژن موجود در خاک، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته است. این نتایج با نتایج الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی ارزن و سویا مطابقت دارد (Ahmadvand & Hajinia, 2016).

صفات مورد بررسی ارقام باقلا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد گره ریشه، وزن خشک گره ریشه، ارتفاع بوته، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن 100 دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و غلظت کلروفیل a و b تریتیکاله در سطح احتمال یک درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کشت مخلوط با تریتیکاله قرار گرفتند (جدول 5).

جدول 5- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی ارقام باقلا در کشت مخلوط با تریتیکاله

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of studied traits of faba bean cultivars in intercropping with triticale

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد گره ریشه No. root nodule	وزن خشک گره ریشه Dry weight of root nodule	ارتفاع بوته Plant height	طول نیام Pod length	تعداد نیام در بوته Pods No. per plant	تعداد دانه در نیام Seeds No. per pod	وزن 100 دانه 100-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b
تکرار Replication	2	560.4*	0.11*	68.4*	0.6ns	1.9ns	0.2ns	25**	401905.7*	3568893.3**	0.03 ns	0.02*
تیمار Treatment	11	1542.7**	0.15**	172.5**	35.0**	11.5**	1.3**	886.6**	447371.2**	2021174.1**	0.13**	0.01**
خطا Error	22	131.1	0.03	17.9	0.98	0.9	0.1	63.8	74086.6	549266.6	0.01	0.001
ضریب تغییرات CV (%)	_	6.6	24.9	4.6	6.1	14	8.8	6.25	9.14	10.16	6.4	7.7

n.s،**: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

** and n.s: are significant at 1% probability levels and non-significant, respectively.

تعداد گره و وزن خشک گره ریشه: بیشترین تعداد گره و وزن خشک گره ریشه باقلا (به‌ترتیب 203/4 عدد و 1/14 گرم) مربوط به رقم شادان در تیمار کشت مخلوط با تریتیکاله مشاهده شد. این در حالی است که کمترین تعداد گره و وزن گره ریشه (به‌ترتیب 117/3 عدد و 0/39 گرم) در کشت خالص رقم شادان دیده شد (جدول 6).

تعداد گره و وزن خشک گره ریشه ارقام برکت، مهتا، فیض، هیستال و شادان تحت تأثیر تیمار کشت مخلوط با تریتیکاله افزایش

یافتند، امّا تعداد گره و وزن گره ریشه در کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو کاهش نشان داد (جدول 6). چنین به نظر می‌رسد که افزایش تعداد گره در ریشه باقلا در کشت مخلوط به‌دلیل اثرات مکملی و مساعدتی باقلا از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و در دسترس قرار دادن آن به گونه مجاور، باعث شده فعالیت ریزوبیوم که در ریشه باقلا گره‌سازی می‌کنند، تحریک شده و در نتیجه آن تعداد گره فعال و سرعت تشکیل آن‌ها افزایش یابد (Hauggard- Nielson et al., 2001).

جدول 6- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی ارقام باقلا درکشت مخلوط با تریتیکاله

Table 6- Means comparison of studied traits of faba bean cultivars in intercropping with triticale

تیمار Treatment	تعداد گره ریشه No. root nodule	وزن خشک گره ریشه Dry weight of root nodule (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول نیام Pod length (cm)	تعداد نیام دربوته Pods No. per plant	تعداد دانه در نیام Seeds No. per pod	وزن 100 دانه 100-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($Kg.ha^{-1}$)	کلروفیلa Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)
کشت خالص Pure culture triticale											
مهتا Mahta	166.7^{cd}*	0.55^{c-e}	86.5^{ef}	11.2^{f}	9.4^{a}	2.9^{f}	95.1^{d}	2525.4^{cd}	6761.3^{cd}	1.38^{g}	0.33^{g}
هیستال Histal	173.3^{c-e}	0.73^{b-d}	90.8^{de}	18.4^{a-c}	5.9^{b}	4.2^{a-c}	136.8^{ab}	2971.2bc	7358.1^{a-c}	1.51^{d-g}	0.378^{e-g}
فیض Feyz	173.6^{c-e}	0.6^{c-e}	93.1^{c-e}	18.2^{bc}	5.2^{b}	4.4^{ab}	136.8^{ab}	3214.9^{ab}	8014.4^{a-c}	1.507^{e-g}	$0.35f^{g}$
برکت Barkat	163.7^{de}	0.46^{de}	99.1^{a-c}	19.7^{ab}	4.4^{b}	4.5^{ab}	136.3^{ab}	2446.8^{d}	6751.0^{cd}	1.53^{d-g}	0.384^{d-f}
لوزدی اتونو Luzde otono	169.3^{de}	0.58^{c-e}	85.1^{ef}	17.3^{c}	5.8^{b}	3.8^{b-d}	135.5^{a-c}	2930.3^{b-d}	6878.1^{bc}	2.03^{a}	0.51^{a}
شادان Shadan	117.3^{f}	0.39^{e}	98.7^{a-c}	12.4^{ef}	9.1^{a}	3.2^{ef}	121^{c}	3419.7^{ab}	7927.1^{a-c}	1.58^{d-f}	0.4^{c-e}
مخلوط Intercropping											
مهتا Mahta	179.1^{b-d}	0.68^{b-e}	89.2^{de}	11.5^{f}	9.7^{a}	3.3^{d-f}	95.3^{d}	2829^{cd}	7421.4^{a-c}	$1.39f^{g}$	0.37^{e-g}
هیستال Histal	193.4^{a-c}	0.85^{a-c}	95^{b-d}	18.8^{a-c}	5.7^{b}	4.7^{a}	143.7^{a}	3230.2^{ab}	7584.5^{a-c}	1.63^{c-e}	0.379^{ef}
فیض Feyz	183.3^{a-d}	0.72^{b-d}	90.6^{de}	19.9^{ab}	5.9^{b}	4.6^{a}	144.2^{a}	3437.6^{ab}	8238.7^{ab}	1.97^{ab}	0.5^{a}
برکت Barkat	198.2^{ab}	0.95^{ab}	102.2^{ab}	20.2^{a}	5.6^{b}	4.8^{a}	142.7^{a}	2663.3^{cd}	6813.3^{bc}	1.81^{bc}	0.47^{ab}
لوزدی اتونو Luzde otono	155.9^{e}	0.42^{de}	79.5^{f}	14.7^{d}	5.7^{b}	3.8^{c-e}	122.8^{bc}	2641.7^{cd}	5455.8^{d}	1.61^{de}	0.42^{cd}
شادان Shadan	203.4^{a}	1.14^{a}	105.7^{a}	13.7^{de}	9.4^{a}	3.5^{d-f}	124.1^{bc}	3554.9^{a}	8356.5^{a}	1.71^{cd}	0.44^{bc}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with different letters in a column and for each component are not significantly different based on Duncan’s test $P\leq 0.05$.

در تحقیقی که برای بررسی میزان نیتروژن نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در کشت مخلوط با جو و خالص آن صورت گرفت، محققین به این نتیجه دست یافتند که تعداد گره نخودفرنگی در کشت مخلوط با جو 45- 27 درصد بیشتر از خالص آن و در نتیجه، میزان تثبیت نیتروژن 17-9 درصد بیشتر از کشت خالص نخودفرنگی شد (Chapagain & Riseman, 2014).

ارتفاع بوته باقلا: بین ارقام مختلف مورد مطالعه باقلا، حداکثر ارتفاع بوته به‌ترتیب به رقم شادان و رقم برکت در مخلوط با تریتیکاله (به‌ترتیب 105/7 و102/2 سانتی‌متر) تعلق داشت. هم‌چنین حداقل ارتفاع بوته در رقم لوزدی اتونو در کشت مخلوط با تریتیکاله (79/5

سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول 6). این در حالی است که تفاوت آماری از لحاظ این ویژگی بین کشت خالص و مخلوط ارقام باقلا مشاهده نشد. افزایش ارتفاع بوته باقلا در کشت مخلوط را می‌توان به سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت داد، چرا که رقابت بر سر نور باعث می‌شود تا گیاهان سرمایه‌گذاری بیشتری را برای افزایش ارتفاع بوته داشته باشند (Tuna & Orak, 2007). محققان گزارش کردند که در شرایط سایه به دنبال کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور (R/FR) وکاهش میزان تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR[1])، افزایش ارتفاع گیاهان قابل انتظار است (Yang et al., 2014). در ارزیابی زراعی، اکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط نخود و گندم، حداکثر ارتفاع بوته نخود در مخلوط با نخود در تیمار 100 درصد نخود + 100 درصد گندم گزارش شده است (Javanmard et al., 2016). هم‌چنین در کشت مخلوط سویا و ارزن،گزارش شده است که حضور ارزن در بین ردیف‌های سویا باعث افزایش ارتفاع سویا شد (Ahmadvand & Hajinia, 2016).

طول نیام باقلا: طول نیام یکی از مهم‌ترین صفات تعیین‌کننده میزان تولید محصول در باقلا محسوب می‌شود. معمولاً ارقام با طول نیام بلندتر به‌طور معنی‌داری محصول بیشتری را نسبت به ارقام با طول نیام کوتاه‌تر تولید می‌کنند (Samizadeh et al., 2003). با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که بیشترین طول نیام (20/2 سانتی‌متر) به رقم برکت در کشت مخلوط با تریتیکاله تعلق دارد که اختلاف آن با تیمارهای مخلوط رقم‌های لوزدی اتونو، شادان و مهتا معنی‌دار بود. هم‌چنین کمترین طول نیام (11/5 سانتی‌متر) مربوط به تیمار خالص رقم مهتا بود (جدول 6). محققان افزایش طول نیام سویا در تیمارهای کشت مخلوط با نعناع فلفلی (*Mentha piperia* L.) را به افزایش جذب بهتر فسفر و سایر عناصر غذایی در کشت مخلوط نسبت دادند (Amani Machiani et al., 2017).

تعداد نیام در بوته باقلا: بر اساس نتایج به‌دست آمده، کشت مخلوط تریتیکاله + رقم مهتا وکشت مخلوط تریتیکاله + رقم شادان به‌ترتیب با 9/7 و 9/4 نیام در بوته بیشترین و کشت خالص رقم برکت با 4/4 کمترین تعداد نیام در بوته را تولید کردند (جدول 6). هرچند که تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد نیام در بوته بین کشت خالص ارقام باقلا و تیمارهای کشت مخلوط با تریتیکاله وجود نداشت (جدول 6). تعداد نیام در بوته از جمله مهم‌ترین و تأثیرگذارترین جزء عملکرد نهایی باقلا می‌باشد. افزایش تعداد نیام در بوته باقلا در کشت مخلوط می‌تواند به‌دلیل کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و بین گونه‌ای باشد. به نظر می‌رسد که افزایش تعداد نیام در برخی از ارقام باقلا با تریتیکاله، با تشکیل ساختار کانوپی غیریکنواخت و وجود فضای مناسب در کشت مخلوط، سبب استفاده بهینه از عوامل محیطی و در نتیجه افزایش تعداد نیام در بوته شده است (Ahmadvand & Hajinia, 2016). در کشت مخلوط تأخیری باقلا با آفتاب‌گردان تعداد نیام در بوته باقلا در کشت مخلوط ردیفی 1:1 افزایش یافت، زیرا به‌دلیل هم‌زمانی کمتر دوره رشدی این دو گونه در کشت مخلوط تأخیری، رقابت بین گونه‌ای این گیاهان کاهش یافته و از ریزش گل‌ها و کاهش تعداد نیام در بوته جلوگیری شده است (Rezaei Chiyaneh et al., 2015). در کشت مخلوط افزایشی ذرت و ماش، تعداد غلاف در بوته نسبت به کشت خالص افزایش یافته است که محققان این افزایش را به‌علت تراکم کمتر ماش نسبت به شرایط کشت خالص و هم‌چنین سرکوبی بیشتر علف‌های هرز گزارش کرده اند (Gholi- Nejad et al., 2018). امّا، در بررسی کشت مخلوط آفتاب‌گردان، لوبیا قرمز و کنجد تعداد نیام در بوته لوبیا قرمز در کشت مخلوط کاهش پیدا کرد که محققان این کاهش تعداد نیام را به قدرت رقابتی ضعیف لوبیا نسبت داده‌اند (Koocheki et al., 2016). ازاین‌رو می‌توان گفت که علت کاهش تعداد نیام در بوته در رقم‌های لوزدی اتونو و رقم برکت در مخلوط با تریتیکاله، قدرت رقابتی ضعیف این دو رقم نسبت به تریتیکاله باشد.

تعداد دانه در نیام باقلا: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم‌های باقلا به‌جز در تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی‌اتونو، تعداد دانه در نیام افزایش یافت. البته در تمامی سیستم‌های کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام مختلف باقلا این افزایش معنی‌دار نبود (جدول 6). این نتایج بیانگر اثر مثبت سیستم کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در رابطه با بهبود شرایط رشدی برای باقلا می‌باشد. چرا که در شرایطی که رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای باشد، گیاهان در کشت مخلوط برای آشیان‌های اکولوژیک یکسان رقابت نکرده و عملکرد و اجزای عملکرد افزایش می‌یابد (Amani Machiani et al., 2018). این نتایج با نتایج کشت مخلوط افزایشی ذرت و ماش مطابقت دارد، به‌طوری‌که تعداد دانه در غلاف ماش در دو سیستم

1- Photosynthetically active radiation

مخلوط ذرت بـا40 و 60 درصـد مـاش افـزایش معنـی‌داری داشـت (Gholi- Nejad et al., 2018). این محققان بیان کردند که کشـت مخلوط شرایط را برای رشد ماش نسبت به کشت خالص بهتر فـراهم کرده است. هم‌چنین تعداد دانه در نیام در حقیقت ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند و هرچه تعداد دانه در نیام بیشـتر باشـد، گیـاه دارای مخزن بزرگ‌تری برای دریافت مـواد فتوسـنتزی بـوده و در نهایـت، افزایش این صفت منجر به بهبود عملکرد دانـه مـی‌شـود (Rezaei- Chiyaneh & Gholi- Nezhad, 2015). بنابراین، کاهش تعداد دانه در نیام رقم لوزدی اتونو در کشت مخلوط با تریتیکاله را بـه ضـعیف بودن توان رقابتی این رقم نسبت به تریتیکاله می‌توان نسبت داد.

وزن 100 دانه باقلا: عاملی مهم و تعیین‌کننده عملکرد دانـه در گیاه است و نیز نقش مهمی در پتانسیل عملکـرد یـک رقـم دارد. وزن 100 دانه باقلا نیز تحت تأثیر تیمارهـای کشـت مخلـوط قـرار گرفت (جدول 5). بیشترین وزن 100 دانه در تیمار کشت مخلوط رقم فیض (144/2 گرم) بدون تفاوت معنی‌دار با رقم هیستال و رقم برکت (به‌ترتیب 143/7 و 142/7 گرم) در کشت مخلوط با تریتیکاله مشاهده شد و کمترین وزن 100 دانه باقلا به تیمار کشت خالص رقم مهتا با 95/1 گرم تعلق داشت. بین کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام باقلا بـا کشت خالص خود، تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن 100 دانه مشاهده نشد (جدول 6). به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط به‌دلیل افـزایش جذب نور توسط پوشش گیـاهی (Tuna & Orak, 2007)، تحریـک تثبیت نیتروژن اتمسفری، افزایش طول و وزن خشک ریشه (Banik et al., 2006)، افزایش کـارآیی مصـرف آب، باعـث آسیمیلاسـیون بیشتر مواد فتوسنتزی بر اثر افـزایش نسـبی رقابـت بـین گونـه‌ای و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای (Hauggard- Nielson, 2001) نسـبت به کشت خالص شده و موجب افزایش وزن 100 دانه شده اسـت. در طی گزارشی وزن 100 دانه لوبیا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با زنیان نسبت به کشت خالص افزایش نشان داد (Khorramdel et al., 2016). هم‌چنین در تحقیقی وزن 1000 دانـه نخـود در کشـت مخلوط با تریتیکاله افزایش یافت، امّا بر روی باقلا در کشت مخلوط با تریتیکاله اثر معنی‌داری نداشت (Soleimanpur et al., 2017).

عملکرد دانه و بیولوژیک باقلا: بیشـترین عملکـرد دانـه و بیولوژیک باقلا به تیمـار کشـت مخلـوط تریتیکالـه + رقـم شـادان به‌ترتیب با میانگین 3554/9 و 8356/5 کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (جدول 6)، این در حالی بود که بین تیمار مذکور و تیمارهـای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض و کشت مخلوط تریتیکاله + رقم هیستال از لحاظ عملکـرد دانـه اخـتلاف معنـی‌داری مشـاهده نشـد. کمترین عملکرد دانه باقلا نیز به تیمار کشت خالص رقـم برکـت بـا میانگین 2446/8 کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک بـه رقم لوزدی اتونو با میـانگین 5455/8 کیلـوگرم در هکتـار در کشـت مخلوط با تریتیکاله اختصاص داشت. در کشت مخلوط اغلـب میـزان زیست‌توده و عملکرد دانه گیاهان بـه‌دلیـل اسـتفاده بهینـه از منـابع محیطی از قبیل آب، نور و مواد غذایی بهبود می‌یابد؛ به نظر می‌رسد به‌دلیل آشیان اکولوژیکی متفاوت ریشه و تفاوت‌های مربوط بـه هـر رقم نیز مربوط باشد (Streit et al,. 2019). هم‌چنـین در الگوهـای کشت مخلوط هر اندازه شباهت گیاهان همـراه در مخلـوط از لحـاظ اکولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کمتر باشد، استفاده از منابع محیطی مانند نور به حداکثر میزان خود رسیده و در این شرایط کارآیی مصرف نور افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که تسهیم مـواد فتوسـنتزی بـه مخازن بیشتر می‌شود و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (Gao et al., 2010). نتایج حاصل از تحقیقی نشان داد که عملکرد دانه باقلا در کشت مخلوط نسبت به کشـت خـالص بهبـود پیـدا کـرده اسـت (Amani Machiani et al., 2017). کـاهش عملکـرد دانـه و بیولوژیکی رقم لوزدی اتونو باقلا در کشت مخلوط نسبت بـه کشـت خالص را می‌توان به افزایش رقابت رقم لـوزدی اتونـو بـا تریتیکالـه نسبت داد که منجر به کاهش رشد، کاهش تعداد نیام، کاهش تعـداد دانه در نیام و وزن دانه شد. گزارش شده که عملکرد بیولوژیک ماشک در مخلوط نسبت به خالص خود در مخلوط با جـو، افـزایش عملکـرد ماده خشک از 30/4 درصد به 74/6 درصد رسیده است (Yilmaz et al., 2015).

غلظت کلروفیل a و b باقلا: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کشت مخلوط تریتیکاله و ارقام باقلا بر میزان غلظت کلروفیل a و b در رقم‌های مختلف باقلا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بـود (جـدول 5). کشـت خـالص رقـم لـوزدی اتونـو بـه‌ترتیـب بـا میانگین2/03 و 0/51 میلی‌گـرم بـر گـرم دارای بیشـترین، و کشـت خالص رقم مهتا با میانگین 1/38 و 0/33 میلی‌گـرم بـر گـرم دارای کمترین میزان کلروفیل a و b بودند. میزان کلروفیل ارقـام بـاقلا در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به خالص به‌جـز تیمـار کشـت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو افزایش نشان دادند (جـدول 6). احتمالاً افزایش میزان غلظت کلروفیل باقلا در کشت مخلوط، به‌دلیل

افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر می‌باشد، به بیان دیگر گیاه زراعی در شرایط سایه برای به‌دام انداختن هرچه بیشتر نور برای تولید فتوآسیمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد. این نتایج با سایر نتایج محققین دیگر هم‌خوانی دارد (Lin et al., 2007). هم‌چنین، به نظر می‌رسد که کاهش تعداد و وزن خشک گره ریشه که به تبع آن میزان تثبیت نیتروژن اتمسفری کاهش می‌یابد، دلیل کاهش غلظت کلروفیل a و b رقم لوزدی اتونو در کشت مخلوط باشد (جدول 6). در یک بررسی روی الگوهای کشت مخلوط ارزن و سویا، میزان کلروفیل هر دو گیاه در کشت مخلوط افزایش یافته است (Ahmadvand & Hajinia, 2016).

نسبت برابری زمین (Land Equivalent Ratio =LER) بر اساس عملکرد دانه

نسبت برابری جزئی زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط برای تریتیکاله و ارقام مختلف باقلا بیشتر از 0/5 بود که بیشترین LER جزئی تریتیکاله 1/12 در کشت مخلوط با رقم فیض باقلا، و بیشترین LER جزئی باقلا در کشت مخلوط با تریتیکاله در رقم‌های هیستال و برکت با 1/09 مشاهده شد. هم‌چنین کمترین LER جزئی برای تریتیکاله با 0/84 در کشت مخلوط با رقم برکت، و کمترین آن در باقلا برای رقم لوزدی اتونو با 0/93 مشاهده گردید. بین الگوهای مختلف کشت نسبت برابری زمین جزئی باقلا نسبت به تریتیکاله بالاتر بود که می‌توان چنین استنباط نمود که باقلا از کشت مخلوط با تریتیکاله اثر مثبت پذیرفته است که این امر احتمالاً مربوط به افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باقلا و اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی در کشت مخلوط مربوط می‌باشد که نشان می‌دهد گیاه باقلا از مزایای کشت مخلوط به‌نحو مطلوبی استفاده کرده است. در کشت مخلوط جو و نخود گزارش شده است که حداکثر LER جزئی جو (0/73) در کشت مخلوط دو ردیف جو + دو ردیف نخود در شرایط کاربرد کود شیمیایی و حداکثر LER جزئی نخود (0/75) در کشت مخلوط دو ردیف جو + چهار ردیف نخود در شرایط عدم کاربرد کود به‌دست آمد (Rezaei- Chiyaneh et al., 2019).

جدول 7- نسبت برابری زمین کل برای عملکرد دانه در کشت مخلوط تریتیکاله و باقلا
Table 7- Land equivalent ratio (LER) for seed yields of triticale and faba bean in intercropping

تیمار Treatment	نسبت برابری زمین Land Equivalent Ratio (LER): تریتیکاله Triticale	باقلا Faba bean	کل Total
تریتیکاله + رقم مهتا Mahta cultivar + Triticale	0.89[bc]	1.07[a]	1.96[a]
تریتیکاله + رقم هیستال Histal cultivar + Triticale	1.03[ab]	1.09[a]	2.12[a]
تریتیکاله + رقم فیض Feyz cultivar + Triticale	1.12[a]	1.08[a]	2.20[a]
تریتیکاله + رقم برکت Barkat cultivar + Triticale	0.84[c]	1.09[a]	1.93[a]
تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو Luzde otono cultivar + Triticale	1.08[a]	0.93a	2.01[a]
تریتیکاله + رقم شادان Shadan cultivar + Triticale	1.06[a]	1.04[a]	2.10[a]

در تحقیق حاضر، نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک و بین 1/93 و2/20 بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط تریتیکاله با ارقام مختلف باقلا نسبت به کشت خالص می‌باشد (Yilmaz et al., 2015). بالاترین نسبت برابری کل زمین در بین تیمارهای کشت مخلوط بر اساس عملکرد دانه با 2/20، 2/12 و 2/11 به‌ترتیب در کشت مخلوط تریتیکاله با ارقام فیض، هیستال و شادان باقلا مشاهده گردید (جدول 7). اگر LER کل بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده این است که علاوه‌بر اثر متقابل مثبت بین گیاهان

در کشت مخلوط، رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای می‌باشد (Ghosh et al., 2006). مصرف کارآمد منابع محیطی، تثبیت نیتروژن، تبادل مواد غذایی، تفاوت در سیستم ریشه‌ای گونه‌های مخلوط و افزایش جذب تشعشع از دلایل افزایش LER در کشت مخلوط می‌باشد (Banik et al., 2006; Hauggard- Nielson et al., 2001). در نتایج حاصل از کشت مخلوط افزایشی ذرت شیرین و ماش نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای مخلوط افزایشی بیشتر از یک گزارش شده است (Gholi- Nejad et al., 2018). در یک بررسی روی کشت مخلوط باقلا و گندم طی دو سال متوالی، نسبت برابری زمین بین 1/85 تا 2/02 متغیر بود (Chen et al., 2019). این محققان گزارش کردند که تقریباً به دو بار استفاده از یک مزرعه کشت خالص برای دست‌یابی به این عملکرد مورد نیاز است که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با اجرای کشت مخلوط، عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله و ارقام باقلا تحت تأثیر کشت مخلوط قرار گرفته‌اند. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیکی در هر دو گونه باقلا و تریتیکاله به تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم شادان، تریتیکاله + رقم فیض، تریتیکاله + رقم هیستال نسبت به کشت خالص هر دو گونه باقلا و تریتیکاله بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نسبت به کشت خالص آن‌ها که افزایش قابل توجهی نشان داد، اختصاص داشت. کمترین عملکرد دانه و بیولوژیک تریتیکاله در کشت مخلوط با رقم برکت و رقم مهتا دیده شد. هم‌چنین در باقلا کمترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو تعلق داشت. استفاده از کشت مخلوط جایگزینی به‌دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه ای از طریق استفاده بهینه از منابع محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گونه گیاهی گردید. هم‌چنین بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش سیستم کشت مخلوط تریتیکاله و ارقام مختلف باقلا در تمامی تیمارهای مخلوط سودمندی بالاتری نسبت به کشت خالص تیمارهای مزبور داشت، به‌طوری‌که نسبت برابری زمین (LER) در همه آن‌ها بالاتر از یک بود. به‌طور کلی، در این پژوهش با توجه به اینکه رقم‌های شادان، فیض و هیستال دارای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بیشتر با نسبت برابری زمین بالاتری برخوردار بودند، به نظر می‌رسد که قابلیت رشد و سازگاری بیشتری با تریتیکاله در شرایط کشت مخلوط دارند. بنابراین، می‌توان گفت تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم شادان، تریتیکاله + رقم فیض و تریتیکاله + رقم هیستال افزون بر ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم‌های کشاورزی و هم‌چنین پایداری و ثبات در تولید، می‌تواند به‌طور چشمگیری در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری از زمین‌های کشاورزی مؤثر باشد، لذا این ارقام می‌تواند جهت کشت مخلوط با تریتیکاله در منطقه به کشاورزان توصیه می‌شود.

References

Ahmadvand, G., and Hajinia, S., 2016. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7(4): 485-498. (In Persian with English Summary)

Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R., and Maggi, F., 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Cleaner Production 171: 529-537.

Amani Machiani, M., Javanmard, A., and Shekari, F., 2017. The effect of intercropping patterns on peppermint (*Mentha piperita* L.) dry biomass yield and essential oil content and faba bean (*Vicia faba* L.) seed yield. Journal of Crop Production and Processing 7(3):79-97. (In Persian with English Summary)

Ansari, S., Mirmohammady- Maibody, S.A.M., Arzani, A., and Golkar, P., 2018. Evaluation of different triticale (*Triticosecale wittmack X*) genotypes for agronomic and qualitative characters. Iranian Journal of Field Crops Research 15(4): 872-884. (In Persian with English Summary)

Arnon, A., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23(1): 112-121.

Asadi, Gh. A., and Khorramdel, S., 2014. Effects of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. Electronic Journal of Crop Production 7(1): 131-156. (In Persian with English Summary)

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghsoe, S.S., 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment. Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325- 332.

Bedoussac, L., Journet, E.P., Hauggaard- Nielsen, H., Naudin, C., Corre Hellou, G., Jensen, E.S., Prieur, L., and

Justes, E., 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming: A review. Agronomy for Sustainable Development 35(3): 911-935.

Bo, J.D., Han, T.F., Gai, J.Y., Yong, T.W., Sun, X., Wang, X.C., Yang, F., Liu, J., Shu, K., Liu, W.G., and Yang, W.Y., 2018. Maize-soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. Journal of Integrative Agriculture 17(4): 747-754.

Chapagain, T., and Riseman, A., 2014. Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research 166: 18–25.

Chen, P., Song, C., Liu, X. M., Zhou, L., Yang, H., Zhang, X., and Wang, X.C., 2019. Yield advantage and nitrogen fate in an additive maize-soybean relay intercropping system. Science of the Total Environment 657: 987-999.

Dwivedi, A., Dev, I., Kumar, V., Yadav, R.S., Yadav, M., Gupta, D., Singh, A., and Tomar, S.S., 2015. Potential role of maize-legume intercropping systems to improve soil fertility status under smallholder farming systems for sustainable agriculture in India. International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research 4(3): 145.

Eslami, K.F., Pirdashti, H., and Motaghian, A., 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. Journal of Agroecology 3(1): 94-105. (In Persian with English Summary)

FAO., 2017. Food and agriculture organization of the united nation. Quaterly bulletin of Statistics. Remote, Italy.

Gao, Y., Duana, A., Qiua, X., Liua. Z., Suna, J., Zhang, J., and Wanga, H., 2010. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. Agricultural Water Management 98: 199-212.

Ghale- Noyee, S., Koocheki, A., Yazdi, M.N.P., and Jahan, M., 2016. Effect of different treatments of mixed and row intercropping on yield and yield components of sesame and bean. Iranian Journal of Field Crops Research 15(3): 588-602. (In Persian with English Summary)

Gholi- Nejad, A., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M., and Farajee, H., 2018. The effect of additive intercropping on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L. *var*. *Saccharata*) and mungbean (*Vigna radiate* L.) and weed biomass. Journal of Agroecology 10(1): 120-134. (In Persian with English Summary)

Ghosh, P.K., Manna, M., Bandyopadhyay, K., Ajay, A., Tripathi, A., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Misra, A.K., Acharya, C.L., and Subba Rao, A., 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. Agronomy Journal 98: 1097-1108.

Hauggard- Nielson, H., Ambus, P., and Jensen, E.S., 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea barly intercropping. Field Crop Research 70: 101- 109.

Inal, A., Gunes, A., Zhang, F., and Cakmak, I., 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. Plant Physiology and Biochemistry 45: 350-356.

Javanmard, A, Rostami, A, Nouraein, M., and Gharekhany, G., 2016. Agronomical, ecological and economical evaluation of wheat- chickpea intercropping under rainfed condition of Maragheh. Agricultural Science and Sustainable Production 26(1): 19-37. (In Persian with English Summary)

Kahraryan, B., Farahvash, F., Mohammadi, S., Mirshekari, B., and Rashidi, V., 2018. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and vetch (*Vicia villosa* Roth.) intercropping. Journal of Crop Ecophysiology 4(48): 651-670. (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S., Siahmargooyi, A., and Ghadriyye, M., 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. Journal of Crop Production 9(1): 1-24. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Zarghani, H., and Norooziyan, A., 2016. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus* L.) under different intercropping arrangements. Iranian Journal of Field Crops Research 14(2): 226-243. (In Persian with English Summary)

Li, M., Zhang, J., Liu, S., Ashraf, U., Zhao, B., and Qui, S., 2018. Mixed- cropping systems of different rice cultivars have grain yield and quality advantages over mono- cropping systems. Journal of the Science of Food and Agriculture 99(7): 3326-3334.

Lin, C.W., Chen, Y.C., Huang, J., and Tu, T., 2007. Temporal variation of plant height, plant cover and leaf area index in intercropped area of Sichuan, China. Chinese Journal of Ecology 26: 989-994.

Majnoun- Hosseini, N., 2008. Agriculture and Livestock Production. Tehran University Press, Iran. (In Persian)

Mouradi, M., Farissi, M., Makoudi, B., Bouizgaren, A., and Ghoulam, C., 2018. Effect of Faba bean (*Vicia Faba* L.) rhizobia symbiosis on barley's growth, phosphorus uptake and acid phosphatase activity in the intercropping system. Annals of Agrarian Science 16(3): 297-303.

Neugschwandtner, R., and Kaul, P.H., 2014. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. Field Crops Research 155: 159–163.

Nurbakhsh, F., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2015. Evaluation of yield, yield components and different

intercropping indices in mixed and row intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 6(2): 73-86. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E., 2015. Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7(3): 381-396. (In Persian with English Summary)

Rezaei- Chiyaneh, E., 2016. Evaluation of quantitative and qualitative traits of black cumin (*Nigella sativa* L.), and basil (*Ocimum basilicum* L.) in different intercropping patterns with bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 8(2): 263-280. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., Khorramdel, S., and Garachali, P., 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower and faba bean on their yield and land use efficiency. Journal of Crops Improvement 17(1): 183-196. (In Persian)

Rezaei- Chiyaneh, E., Rasouli, Y., Jalilian, J., and Ghodsi, M., 2019. Evaluation of quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) in intercropping affected by biological and chemical fertilizers in supplemental irrigation condistion. Journal of Agroecology 11(1): 69-85. (In Persian with English Summary)

Samizadeh, H., Yazdi-Samadi, B., Ghannadha, M.R., Malbobi, M.A., Taleei, A.R., and Ricestingam, G., 2003. A study of molecular marker associated with pod length trait in canola (*B. napus*) double haploid population. Iranian Journal of Agricultural Sciences 34(4): 871-879. (In Persian with English Summary)

Sheikh, F., Asteraki, H., and Aghajani, M.A., 2018. Report on the introduction of the new bean mahta (G- Faba-95). Seed and Plant Improvement Institute (SII), Iran. 43 p. (In Persian)

Sheikh, F., Sekhavat, R., Miri, K., Asteraki, H., and Aghajani, M. A., 2017a. Report on the introduction of the new bean feyz (G- Faba-1-1). Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Iran. 54 p. (In Persian)

Sheikh, F., Sekhavat, R., Miri, K., Asteraki, H., and Aghajani, M.A., 2017b. Report on the introduction of the new bean Shadan (G- Faba-133). Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Iran. 57 p. (In Persian)

Soleimanpur, L., Naderi, R., Bijanzdeh, E., and Emam, Y., 2017. Response of faba bean and pea yield and yield components to cereal-legume intercropping under weed competitions. Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 150-163. (In Persian with English Summary)

Streit, J., Meinen, C., Nelson, W.C.D., Siebrecht-Schöll, D.J., and Rauber, R., 2019. Above-and belowground biomass in a mixed cropping system with eight novel winter faba bean genotypes and winter wheat using FTIR spectroscopy for root species discrimination. Plant and Soil p. 1-18.

Tadayyon, M.R., and Ghorbaninejad, A.J., 2012. Effect of supplementary irrigation and compost application on morphological triats and yield of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 31-44. (In Persian with Enlish Summary)

Tuna, C., and Orak, A., 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch/oat cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agriculture Biological Science 2: 14-19.

Takeda, K., and Frey, J., 1976. Contributions of vegetative growth rate and harvest index in grain yield of progenies from *Avena Sativa* XA. Crop Science 16: 817-822.

Xiao, J., Yin, X., Ren, J., Zhang, M., Tang, L., and Zheng, Y., 2018. Complementation drives higher growth rate and yield of wheat and saves nitrogen fertilizer in wheat and faba bean intercropping. Field Crops Research 221: 119-129.

Yang, F., Huang, S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., and Yang, W., 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. Field Crops Research 155: 245-253.

Yilmaz, Ş., Özel, A., Atak, M., and Erayman, M., 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 39(1): 135-143.

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 143-159

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 159-143

Evaluation of Yield and Yield Components of Different Faba Bean (*Vicia faba* L.) Varieties in Intercropping with Triticale (*Tritico secale*)

S. Sori[1], R. Amirnia[2], E. Rezaei-Chiyaneh[3*] and F. Sheikh[4]

Submitted: 14-07-2019
Accepted: 14-11-2019

Sori, S., Amirnia, R., Rezaei-Chiyaneh, E., and Sheikh, F., 2020. Evaluation of yield and yield components of different faba bean (*Vicia faba* L.) varieties in intercropping with triticale (*Tritico secale*). Journal of Agroecology 12 (1): 143-159.

Introduction

Intercropping, i.e. growing two or more crops together on the same land at the same time. The intercropped legumes/cereal systems reduce inter-specific competition by enhancing complementarity/facilitation processes thereby improving the exploitation of environmental resources; on the other hand, it has led to improved crop production, which is due to greater efficiency in the intercropping system. Salehi et al. (2018) in intercropping of triticale with annual legumes reported that the highest plant height, number of spike per m^{-2}, spikelet number per spike, grain number per spike, grain and biological yield of triticale were obtained in the sole crops but the lowest economic yield of triticale was achieved from intercropping of triticale with vetch, respectively. The purpose of this study was to investigate the response of growth, yield and yield components for different fababean cultivars affected as in intercropping with triticale in order to achieve the most suitable combination in terms of maximum yield and land use efficiency in Urmia weather conditions.

Materials and Methods

In order to evaluate yield and yield components of different faba bean varieties in intercropping with triticale, a field experiment was conducted based on a randomized complete block design with thirteen treatments and three replications at the Research Farm of the Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran, during the growing season of 2018. Treatments were included sole cropping of triticale, replacement intercropping of triticale with five-faba bean varieties (Mahta, Histal, Feyz, Barkat, Luzde otono and Shadan) in ratios 1:1. Triticale was harvested when spike turned brown and different faba bean varieties were harvested when the first pod of the plants fully matured. Field data were collected by cutting 10 plants randomly from each plot and yield component of each plant was considered as the average for each plot. Analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS software; version 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) and significant differences between treatments were compared with the Duncan test at $P \leq 0.05$.

Results and Discussion

The results showed that the highest plant height, spike length, number of spike per m^{-2}, spikelet number per spike, grain number per spike, grain and biological yield, and chlorophyll a and b contents of triticale were obtained in the intercropping system. Also, the maximum nodule number, nodule dry weight, plant height, length pods, number of seeds per pod, 100- seed weight, seed and biological yield, and chlorophyll a and b contents of different faba bean varieties were achieved from intercropping and the lowest amounts of mentioned were recorded in the sole cropping of both plants, respectively. The higher seed yields of the intercropping systems compared to the sole cropping were probably due to the better use of environmental resources by balancing inter-specific and intra-specific interactions. The average chlorophyll content of both plants in the intercropping system was higher than the sole cropping. Increasing the chlorophyll content in the intercropping system was

---

1 and 2- MS.c. student of Agroecology, Associated Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
4- Assistant Professor, Department of Horticulture and Agronomy, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.
(*- Corresponding Author Email: e.rezaeichiyaneh@utmia.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.81918

attributed to the better availability of nutrients, light, and water. However, the partial LER of faba bean was higher than triticale, indicating that the former was the dominant plant in intercropping patterns. In addition, the highest LER total was calculated for intercropping triticale with Feyz faba bean (2.2 units) and the lowest total LER (1.9) was computed to the triticale with Barkat faba bean hat represents an increased advantage in intercropping than sole cropping.

Conclusion

Our study showed that the productivity of different faba bean varieties in intercropping with triticale could be increased by environmental conditions. The maximum seed and biological yield of both plants were obtained at intercropping. The LER was higher than one in all intercropping treatments compared to sole cropping systems. According to the results, it seems that the use of the intercropping system is remarkably effective to increase the economic income and land-use efficiency.

Keywords: Chlorophyll, Grain yield, Land equivalent ratio, *Rhizobium* nodule, Sustainable agriculture